Journal of Agroecology
Homepage: http://agry.um.ac.ir

Research Article
Vol. 17, No. 3, 2025, p. 491-507

Evaluation of Quality Characteristics and Yield of some Commercial Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) Cultivars in Hamedan Province (Nahavand and Asadabad)

Hamed Mansouri[1*], Valiallah Yousefabadi[2], Hamze Hamze[1] and Heydar Azizi[3]

1- Sugar Beet Research Department, Hamedan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Hamedan, Iran
2- Sugar Beet Seed Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Sugar Beet Research Department, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Urmia, Iran
(*- Corresponding author's Email: h.mansori@areeo.ac.ir)

Received: 18-05-2025 Revised: 20-09-2025 Accepted: 23-09-2025 Available Online: 26-11-2025	**How to cite this article:** Mansouri, H., Yousefabadi, V., Hamze, H., & Azizi, H. (2025). Evaluation of quality characteristics and yield of some commercial sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars in Hamedan Province (Nahavand and Asadabad). *Journal of Agroecology, 17*(3), 491-507. (In Persian with English abstract) https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.93586.1240

Introduction

Sugar beet is the main source of sugar production in Iran, accounting for approximately 60% of the country's sugar production comes. The rest comes from sugar cane (Ribeiro et al., 2016). Hamedan province, with a cultivated area of about 7 percent of the total cultivated area of the country, is one of the most important provinces in terms of sugar beet cultivation and sugar production. Nahavand and Asadabad regions also have the largest cultivated area of sugar beet in Hamedan Province and are considered the most important sugar beet cultivation areas in the province. Seed is a crucial agricultural input. It provides farmers with significant added value by improving the efficiency of other inputs, such as water, fertilizer, pesticides, and machinery. Maximizing yield is impossible without using the right seeds, even with significant energy investment (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2024). The primary aim of conducting variety comparison experiments is to select and introduce suitable varieties to farmers in each region, this study was conducted to compare sugar beet varieties and introduce the best variety in the Nahavand and Asadabad regions of Hamedan province.

Materials and Methods

To evaluate the root yield and quality characteristics of some breeding commercial sugar beet varieties in Hamedan province, an experiment was conducted in two regions: Asadabad-Vanderabad Village and Nahavand-Gyan Village, in 2023, under farm conditions. The study included five Iranian commercial cultivars—Sina, Nika, Shokofa, Asia, and Dena—as well as a foreign cultivar, Urslina, which served as the control. Planting took place in Nahavand on March 10, 2022, and in Asadabad on April 15, 2023. A total of 30 planting lines, each measuring 300 meters in length and spaced 50 centimeters apart, were allocated for each cultivar. Each cultivar was planted in an area of 4,500 square meters. The farmer carried out all land preparation and farm management

https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.93586.1240

operations in accordance with local customs. At the end of the growing season, four samples (as four replicates) of each variety were randomly harvested and weighed, and root yield was obtained. The harvested roots were washed, pulped, and sent to the Sugar Technology Laboratory at the Sugar Beet Seed Institute for quality characteristic measurement. Cluster analysis and factor analysis were performed using R v.4.2.2 software.

Results and Discussion

Because of the significant interaction effect between cultivar and environment, which indicated independent responses of cultivars in the two different locations, all data analyses were performed separately for each site. In Nahavand, the highest sugar content and white sugar content were observed with 18.24 and 15.87 percent, respectively, and the highest sugar yield and white sugar yield were observed with 19.29 and 16.79 $ton.ha^{-1}$, respectively, in the foreign cultivar Urslina. Among the Iranian cultivars, the two cultivars Dena and Asia had the highest yield. In Asadabad, results showed that the foreign cultivar Urslina had the highest values among the studied cultivars in terms of sugar content (18.29%), sugar yield (19.80 $ton.ha^{-1}$), white sugar content (16.17%), white sugar yield (17.51 $ton.ha^{-1}$), and sugar extraction coefficient (88.4%). Cluster analysis results indicated that the cultivars were grouped into three clusters in Nahavand and four clusters in Asadabad. Based on the results of the cluster analysis conducted in the Nahavand environment, two clusters were introduced as superior clusters. The first cluster included the Urslina variety, while the second cluster comprised the Dena, Asia, and Shokofa varieties. In the Asadabad environment, the first cluster also included the Urslina variety, and the fourth cluster contained the Nika variety, both of which were recognized as superior clusters. Factor analysis identified two significant factors, explaining 95.57% of the variation in Nahavand and 95.94% in Asadabad.

Conclusion

Overall, the Urslina cultivar emerged as the superior cultivar in both environments. Among the Iranian cultivars, the Dena and Asia cultivars were recommended for the Nahavand environment, while the Nika cultivar was suggested for the Asadabad environment due to their better quantitative and qualitative characteristics.

Keywords: Biplot, Cluster analysis, Commercial cultivar, Factor analysis, Sugar yield

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: http://agry.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۱۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰٤، ص ٥۰۷-٤۹۱

ارزیابی خصوصیات کیفی و عملکرد برخی از ارقام تجاری چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان همدان (نهاوند و اسدآباد)

حامد منصوری [1*]، ولی اله یوسف آبادی [2]، حمزه حمزه [1] و حیدر عزیزی [3]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۱

چکیده

به‌منظور ارزیابی عملکرد ریشه و خصوصیات کیفی برخی از ارقام تجاری اصلاح‌شده چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در استان همدان، آزمایشی در دو منطقه اسدآباد و نهاوند در سال ۱۴۰۲ در مزرعه کشاورز انجام شد. ارقام مورد بررسی شامل پنج رقم تجاری اصلاح‌شده داخلی شامل ارقام سینا، نیکا، شکوفا، آسیا و دنا به همراه یک رقم شاهد خارجی اورسلینا بود. نتایج تحقیق نشان داد که در هر دو محیط نهاوند و اسدآباد، رقم خارجی اورسلینا از بالاترین خصوصیات کیفی و عملکرد شکر برخوردار بود. در بین ارقام داخلی، ارقام دنا و سینا در منطقه نهاوند و رقم نیکا در منطقه اسدآباد از عملکرد قند بیشتری نسبت به سایر ارقام تولید کردند. براساس نتایج تجریه خوشه‌ای در محیط نهاوند خوشه اول شامل رقم اورسلینا و خوشه دوم شامل ارقام دنا، آسیا و شکوفا و در محیط اسدآباد خوشه اول که اورسلینا و خوشه چهارم که رقم نیکا را شامل می‌شدند به‌عنوان خوشه‌های برتر انتخاب شدند. براساس تجزیه به عامل‌ها، دو عامل با تبیین ۹۵/۵۷ و ۹۵/۹۴ درصد از تغییرات داده‌ها به‌ترتیب برای نهاوند و اسدآباد شناسایی شدند. به‌طور کلی، با توجه به نتایج رقم اورسلینا به‌عنوان رقم برتر در هر دو محیط انتخاب شد. در بین ارقام داخلی نیز برای مکان نهاوند ارقام دنا و آسیا و برای مکان اسدآباد رقم نیکا به‌عنوان ارقام با خصوصیات کمّی و کیفی بهتر معرفی شدند.

واژه‌های کلیدی: بای پلات، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، رقم تجاری، عملکرد قند

مقدمه

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) یکی از گیاهان زراعی و صنعتی مهم است که عمده مصرف آن در صنعت قند بوده (Akyüz & Ersus, 2021) و بعد از گیاه نیشکر به‌عنوان یکی از منابع مهم تولید شکر در جهان محسوب می‌شود (Monteiro et al., 2018). تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد تولید شکر جهانی از چغندرقند تأمین می‌شود (Kuska et al., 2020; Ribeiro et al., 2016; Sarica, 2024). چغندرقند منبع اصلی تولید شکر در ایران بوده و تقریباً ۶۰ درصد تولید شکر کشور از این گیاه و مابقی از نیشکر می‌باشد. در سال ۱۴۰۲، سطح برداشت چغندرقند معادل ۱۰۶۷۶۳ هکتار از ۱۲ استان کشور گزارش شده است که از این سطح، ۸۲۴۳۰ هکتار مربوط به کشت بهاره و ۲۴۳۳۳ هکتار مربوط به کشت پاییزه بوده است (SBSI, 2023). استان همدان با سطح زیر کشت حدود هفت درصد از کل سطح زیرکشت کشور، یکی از استان‌های مهم از لحاظ زراعت چغندرقند و تولید شکر می‌باشد. مناطق نهاوند و اسدآباد نیز بیشترین سطح زیرکشت چغندرقند در استان همدان را داشته و مهم‌ترین مناطق کشت چغندرقند در استان محسوب می‌شوند.

انتخاب رقم مناسب، یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در مدیریت کشاورزی است که می‌تواند با تأثیر بر بازدهی دیگر نهاده‌های

۱- بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، همدان، ایران
۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۳- بخش تحقیقات چغندرقند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: h.mansori@areeo.ac.ir)
https://doi.org/10.22067/AGRY.2025.93586.1240

کشاورزی از جمله آب، کود، آفت‌کش‌ها و ماشین‌آلات، بیشترین ارزش افزوده را در اختیار کشاورزان قرار دهد. بنابراین به‌منظور انتخاب ارقام مناسب، باید خصوصیات کمّی و کیفی رقم با توجه به شرایط اقلیمی منطقه مدنظر قرار گرفته و در سطح وسیع‌تر و به‌صورت میدانی انجام گیرد. بنابراین آزمایشات میدانی مربوط به مقایسه ارقام چغندرقند در کشورهایی که کشت‌وکار چغندرقند در آن‌ها رواج دارد، در مزرعه کشاورز انجام می‌شود. در ایران نیز با توجه به اینکه ارقام مناسب اصلاح‌شده چغندرقند داخلی توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند تهیه می‌گردد، انجام آزمایشات پایلوت مقایسه ارقام به‌منظور ترویج و معرفی ارقام مناسب جهت کشت در هر منطقه ضروری می‌باشد.

تجزیه به عامل‌ها یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که به‌منظور توصیف رابطه بین متغیرها از طریق عامل‌ها و همچنین کاهش حجم اطلاعات و داده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این روش، عواملی که سبب ایجاد همبستگی بین صفات مختلف می‌شوند، شناسایی و براساس این عوامل، متغیرها به دسته‌های با همبستگی بالا گروه‌بندی می‌شوند (Farshadafar, 2005). تجزیه خوشه‌ای نیز یکی دیگر از روش‌های آماری است که معمولاً به‌منظور گروه‌بندی افراد و متغیرها در خوشه‌های مختلف براساس نزدیکی و شباهت بین افراد انجام می‌شود (Leonard & Droege, 2008). در این روش به‌دلیل اینکه هر فرد یا نمونه با وزن یکسان در محاسبات در نظر گرفته می‌شود، بنابراین هم از خصوصیات کیفی و هم از خصوصیات کمّی می‌توان استفاده کرد. مطالعات مختلفی در خصوص استفاده از روش‌های تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای برای انتخاب و گروه-بندی ارقام چغندرقند استفاده شده است. صادق‌زاده حمایتی و همکاران (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2024) به‌منظور گروه بندی ارقام مختلف چغندرقند در کرمانشاه از روش تجزیه خوشه‌ای استفاده و ۱۲ رقم چغندرقند را به سه گروه دسته‌بندی کردند که ارقام ایرانی دنا، سینا، اکباتان و شریف به همراه دو رقم خارجی بی تی اس ۴۶۶۵ و گکو در یک گروه قرار گرفته و از خصوصیات کمّی و کیفی پایین‌تری نسبت به گروه دیگر (شامل ارقام خارجی اورسلینا، کادموس و فلورس) برخوردار بودند. هو و همکاران (Hu et al., 2019) در بررسی ۱۴ ژنوتیپ چغندرقند در چین از دو روش آماری تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و همچنین تجزیه خوشه‌ای به‌منظور گروه‌بندی واریته‌ها براساس صفات مختلف استفاده کردند و چهار مؤلفه اصلی را شناسایی کردند که در مجموع ۹۱/۸ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند. همچنین براساس تجزیه خوشه‌ای، ۱۴ ژنوتیپ چغندرقند به چهار گروه دسته‌بندی شدند. جیا و همکاران (Jia et al., 2015) نیز با استفاده از تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای، ۳۴ واریته چغندرقند را گروه‌بندی و مقایسه کردند. چهارده ژنوتیپ چغندرقند نیز از لحاظ خصوصیات کیفی با استفاده از تجزیه به عامل‌ها از طریق تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مورد مطالعه قرار گرفتند (Hu et al., 2016). با توجه به اینکه هدف اصلی از انجام آزمایشات مقایسه ارقام، انتخاب و معرفی رقم مناسب به کشاورزان در هر منطقه می‌باشد، این مطالعه به‌منظور مقایسه ارقام چغندرقند و معرفی برترین رقم در مناطق نهاوند و اسدآباد استان همدان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عملکرد ریشه و خصوصیات کیفی برخی از ارقام تجاری اصلاح‌شده چغندرقند در استان همدان، آزمایش به‌صورت بلوک کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در دو منطقه شهرستان اسدآباد روستای وندرآباد و شهرستان نهاوند روستای گیان در سال ۱۴۰۲ در مزرعه کشاورز انجام شد. ارقام تجاری مورد بررسی شامل پنج رقم اصلاح‌شده داخلی شامل ارقام شکوفا (مقاوم به *ریزومانیا* و نماتد، سال معرفی ۱۳۹۴)، دنا (مقاوم به *ریزومانیا* و *ریزوکتونیا*، سال معرفی ۱۳۹۷)، سینا (مقاوم به *ریزومانیا* و *ریزوکتونیا*، سال معرفی ۱۳۹۷)، نیکا (مقاوم به *ریزومانیا* و نماتد، سال معرفی ۱۳۹۹)، آسیا (مقاوم به *ریزومانیا* و نماتد، سال معرفی ۱۳۹۹) به همراه یک رقم شاهد خارجی اورسلینا (مقاوم به *ریزومانیا* و *ریزوکتونیا*، سال معرفی ۱۳۹۹) بود. کشت در منطقه نهاوند در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۱۴۰۱ و در در منطقه اسدآباد در تاریخ ۱۵ فروردین ماه سال ۱۴۰۲ با استفاده از دستگاه پنوماتیک شش ردیفه انجام شد. تعداد ۳۰ خط کاشت به‌طول ۳۰۰ متر و فاصله بین ردیف‌های کشت ۵۰ سانتی‌متر برای هر رقم در نظر گرفته شده و هر رقم در مساحتی معادل ۴۵۰۰ مترمربع کشت گردید. مراحل آماده‌سازی زمین و کلیه عملیات داشت و مدیریت مزرعه توسط کشاورز و منطبق با عرف منطقه انجام شد. قبل از کاشت نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش انجام گرفت. نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در نهاوند و اسدآباد

Table 1- Physical and chemical characteristics of the experiment soil in Nahavand and Asadabad

مکان Place	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	pH	ماده آلی Organic materials (%)	فسفر P (mg.kg^{-1})	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	بافت Texture
نهاوند Nahavand	1.9	7.5	1.8	17	499	0.18	لوم-سیلتی Silty-loam
اسدآباد Asadabad	2.1	7.7	1.1	12.8	355	0.11	لوم-سیلتی Silty-loam

آبیاری مزرعه در هر دو منطقه به‌صورت بارانی انجام شد. به‌منظور مهار علف‌های هرز از علف‌کش بتانال پروگرس (فن مدیفام + دس مدیفام + اتوفومازیت) به‌میزان چهار لیتر در هکتار و در مرحله چهار برگی، وجین (یک مرحله) در مرحله ۱۲ برگی و کولتیواتور استفاده شد. عملیات کوددهی براساس آزمون خاک و از منابع کودی اوره (نهاوند ۳۰۰ و اسدآباد ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم سولفات (اسدآباد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و فسفات آمونیوم (نهاوند ۱۵۰ و اسدآباد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. همچنین در اواخر فصل رشد از کود سولوپتاس در هر دو منطقه استفاده شد. در پایان فصل رشد و همزمان با برداشت نهایی، از هر رقم تعداد چهار نمونه (به‌عنوان چهار تکرار) به‌صورت تصادفی برداشت و توزین شده و عملکرد ریشه به دست آمد. برداشت و نمونه‌برداری در منطقه نهاوند در تاریخ ۱۷ آبان ماه و در منطقه اسدآباد در ۲۸ شهریور ماه انجام شد. ریشه‌های برداشت‌شده پس از شستشو خمیرگیری شده و جهت اندازه گیری خصوصیات کیفی به آزمایشگاه تکنولوژی قند مؤسسه تحقیقات چغندرقند ارسال شدند. صفات کیفی مورد اندازه‌گیری شامل درصد قند (SC)، میزان سدیم (Na)، پتاسیم (K) و نیتروژن مضره (N) بود. سایر صفات شامل آلکالیته (Alc)، درصد قند ملاس (MS)، درصد قند سفید (WSC)، عملکرد قند (SY)، عملکرد قند سفید (WSY) و همچنین ضریب استحصال قند (ECS) با استفاده از روابط زیر به دست آمد (Taleghani et al., 2023).

$$Alc = \frac{(Na+K)}{N}$$ معادله (۱)

$$MS = 0.343 \times (K + Na) + 0.094 \times (N) - 0.31$$ معادله (۲)

$$WSC = SC - (MS + 0.6)$$ معادله (۳)

$$SY = RY \times SC$$ معادله (۴)

$$WSY = RY \times WSC$$ معادله (۵)

$$ECS = \left(\frac{WSC}{SC}\right) \times 100$$ معادله (۶)

به‌منظور انجام تجزیه مرکب، آزمون یکنواختی واریانس محیطها برای صفات مختلف با استفاده از آزمون بارتلت انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 و مقایسه میانگین‌ها به‌روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) صورت گرفت. جهت گروه‌بندی ارقام از روش تجزیه خوشه‌ای داده‌ها (با استفاده از فاصله اقلیدسی به‌روش Single استفاده گردید (Mansouri et al., 2024b). برش دندوگرام به‌صورتی انجام شد که بیشترین شباهت درون گروهی و بیشترین تفاوت بین گروهی حاصل شود. برای این منظور از مقایسه واریانس بین گروهی و درون گروهی در حالت‌های مختلف برش دندوگرام استفاده شد تا بیشترین مقدار F حاصل گردد. تجزیه به عامل‌ها نیز براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. در تجزیه به عامل‌ها، عامل‌های با مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک انتخاب و تخصیص صفات به عامل‌های مختلف نیز براساس مقادیر ضرایب عاملی بعد از انجام چرخش واریماکس عامل‌ها صورت گرفت. به این ترتیب که ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ بدون توجه به علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند (Mansouri et al., 2024b). تجزیه به عامل‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از بسته factoextra در نرم‌افزار R v.4.2.2 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج آزمون بارتلت نشان داد که واریانس دو محیط در اکثر صفات به‌جز صفات پتاسیم و نیتروژن مضره یکنواخت بود (جدول ۲) و بنابراین امکان تجزیه مرکب وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در دو مکان نشان داد که اثر مکان در اکثر صفات مورد بررسی به‌غیر از عملکرد ریشه و ضریب استحصال قند و اثر رقم

به‌غیر از عملکرد ریشه در تمام صفات معنی‌دار بود. اثر متقابل رقم در مکان در تمام صفات به‌جز عملکرد ریشه معنی‌دار بود (جدول ۳). بنابراین با توجه به معنی‌داری اثر متقابل رقم در مکان که نشان‌دهنده واکنش مستقل ارقام در دو مکان مختلف بود، مقایسه میانگین اثر متقابل رقم در مکان به‌صورت برش‌دهی انجام و در هر مکان، ارقام به‌صورت جداگانه مقایسه و بررسی شدند. صادق‌زاده حمایتی و همکاران (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2024) نیز در بررسی ارقام مختلف چغندرقند در مکان‌های مختلف گزارش کردند که اثر متقابل رقم در مکان بر اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. معنی‌داری اثرمتقابل رقم در مکان در ژنوتیپ‌های چغندرقند در برخی تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Mostafavi et al., 2017; Hassani et al., 2022; Taleghani et al., 2023).

جدول ۲- آزمون یکنواختی واریانس (آزمون بارتلت) دو محیط نهاوند و اسدآباد برای صفات چغندرقند

Table 2- Homogeneity of variance analysis (Bartlett's test) in two environments of Nahavand and Asadabad for traits of sugar beet

منابع تغییرات S.O.V	عملکرد ریشه RY	درصد قند SC	عملکرد قند SY	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن N	آلکالیته Alc	درصد قند سفید WSC	عملکرد قند سفید WSY	ضریب استحصال قند ECS	قند ملاس Ms
کای-اسکور Chi-square	0.121	0.134	0.115	1.18	7.50	20.1	1.97	0.091	0.055	0.208	1.12
مقدار-p p-value	0.758	0.714	0.735	0.276	0.006	<0.001	0.215	0.763	0.814	0.648	0.290

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms: قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب برای صفات کمّی و کیفی چغندرقند در دو محیط نهاوند و اسدآباد

Table 3- Combined variance analysis for quantitative and qualitative characteristics of sugar beet in two environments of Nahavand and Asadabad

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ریشه RY	درصد قند SC	عملکرد قند SY	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن N	آلکالیته Alc	درصد قند سفید WSC	عملکرد قند سفید WSY	ضریب استحصال قند ECS	قند ملاس Ms
مکان Place (P)	1	63.9ns	16.7**	10.8**	1.03**	14.1**	0.79**	4.03*	10.4**	6.98*	0.28ns	0.74**
خطا Error 1	6	102	0.09	1.83	0.005	0.08	0.03	0.15	0.14	1.16	0.93	0.01
رقم Cultivar (C)	5	111ns	21.1**	24.9**	3.41**	1.97**	1.26**	5.32**	27.9**	31.7**	94.9**	0.88**
C×P	5	167ns	5.9**	16.5**	2.7**	0.33**	0.78**	1.23**	9.98**	20.1**	71.4**	0.64**
خطا Error 2	30	92.4	0.09	1.90	0.03	0.04	0.01	0.07	0.11	1.30	0.73	0.01
ضریب تغییرات CV (%)	-	8.92	2.01	8.43	5.86	5.19	5.71	7.46	2.73	8.55	1.05	4.63

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at the 1% and 5% probability level, respectively.

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms: قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

محیط نهاوند

مقایسه میانگین ارقام از لحاظ عملکرد ریشه نشان داد که علی رغم اینکه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین ارقام مختلف وجود نداشت، ولی بیشترین عملکرد ریشه مربوط به ارقام آسیا و شکوفا با ۱۱۳ تن در هکتار و کمترین مقدار مربوط به رقم سینا با ۹۷/۷ تن در هکتار بود (جدول ۴). بیشترین درصد قند و درصد قند سفید به‌ترتیب با ۱۸/۲۴ و ۱۵/۸۷ درصد و بیشترین عملکرد قند و عملکرد قند سفید به‌ترتیب با ۱۹/۲۹ و ۱۶/۷۹ تن در هکتار در رقم شاهد خارجی اورسلینا مشاهده شد. در بین ارقام داخلی نیز دو رقم دنا (با ۱۷/۲۸ درصد قند، ۱۴/۳۹ درصد قند سفید، ۱۸/۸۴ تن در هکتار عملکرد قند و ۱۵/۷۰ تن در هکتار عملکرد قند سفید) و آسیا (با ۱۶/۱۶ درصد قند، ۱۳/۵۲ درصد قند سفید، ۱۸/۴۱ تن در هکتار عملکرد قند و ۱۵/۴۰ تن در هکتار عملکرد قند سفید) بیشترین عملکرد را داشتند، درحالی‌که رقم نیکا از کمترین درصد قند، درصد قند سفید، عملکرد قند و عملکرد قند سفید به‌ترتیب با ۱۳/۷۰ درصد، ۱۰/۲۹ درصد، ۱۳/۷۲ تن در هکتار و ۱۰/۲۹ تن در هکتار برخوردار بود (جدول ۴). ارقام اورسلینا و نیکا نیز به‌ترتیب با ۸۷/۰ و ۷۵/۱ درصد، بالاترین و کمترین ضریب استحصال قند را به خود اختصاص دادند.

جدول ٤- مقایسه میانگین ارقام مختلف چغندرقند از لحاظ خصوصیات کمّی و کیفی در دو محیط نهاوند و اسدآباد

Table 4- Mean comparison of different sugar beet cultivars in terms of quantitative and qualitative characteristics in two environments of Nahavand and Asadabad

محیط Environment	رقم Cultivar	عملکرد ریشه RY ($t.ha^{-1}$)	درصد قند SC (%)	عملکرد قند SY ($t.ha^{-1}$)	سدیم Na ($meq.g^{-1}$)	پتاسیم K($meq.g^{-1}$)	نیتروژن N ($meq.g^{-1}$)
نهاوند Nahavand	سینا Sina	97.7±3.36	14.86±0.14	14.52±0.48	3.46±0.04	4.48±0.04	2.23±0.02
	نیکا Nika	100.2±5.05	13.70±0.07	13.72±0.64	4.09±0.07	4.50±0.07	1.89±0.05
	شکوفا Shokofa	113.1±5.98	14.36±0.13	16.22±0.72	3.08±0.06	4.33±0.04	1.97±0.08
	آسیا Asia	113.9±6.14	16.16±0.07	18.41±0.97	2.12±0.08	4.32±0.10	1.53±0.06
	دنا Dena	109.1±4.22	17.28±0.14	18.84±0.75	2.00±0.08	5.06±0.15	1.85±0.02
	اورسلینا Urselina	105.8±3.44	18.24±0.19	19.29±0.52	1.60±0.07	3.98±0.09	1.79±0.06
LSD 5%		14.11	0.378	2.08	0.219	0.282	0.156
اسدآباد Asadabad	سینا Sina	108.5±2.92	14.06±0.19	15.25±0.41	3.52±0.08	3.29±0.02	2.81±0.08
	نیکا Nika	110.9±6.11	14.79±0.17	16.40±0.92	2.39±0.04	2.94±0.09	0.97±0.04
	شکوفا Shokofa	113.8±5.76	13.21±0.17	15.04±0.78	3.50±0.05	3.25±±0.21	2.29±0.10
	آسیا Asia	99.7±6.41	13.34±0.26	13.26±0.69	3.22±0.14	3.00±0.01	1.92±0.03
	دنا Dena	112.6±3.53	13.83±0.10	15.57±0.56	3.69±0.10	4.70±0.18	2.77±0.08
	اورسلینا Urselina	108.3±3.15	18.29±0.04	19.80±0.57	1.78±0.04	2.97±0.06	2.07±0.06
LSD 5%		14.86	0.527	2.07	0.284	0.327	0.188

مقایسه میانگین به‌روش برش‌دهی اثر متقابل انجام شده و در هر محیط، ارقام جداگانه مقایسه شده‌اند.

Mean comparison was performed by slicing interaction and cultivars was separately compared in each environment.

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen

ادامه جدول ٤- مقایسه میانگین ارقام مختلف چغندرقند از لحاظ خصوصیات کمّی و کیفی در دو محیط نهاوند و اسدآباد

Table 4- Mean comparison of different sugar beet cultivars in terms of quantitative and qualitative characteristics in two environments of Nahavand and Asadabad, continued

محیط Environment	رقم Cultivar	آلکالیته Alc	درصد قند سفید WSC (%)	عملکرد قند سفید WSY(t.ha^{-1})	ضریب استحصال قند ECS (%)	قند ملاس Ms (%)
نهاوند Nahavand	سینا Sina	3.57±0.06	11.64±0.17	11.37±0.38	78.3±0.37	2.63±0.03
	نیکا Nika	4.55±0.11	10.29±0.08	10.29±0.44	75.1±0.26	2.82±0.03
	شکوفا Shokofa	3.77±0.12	11.35±0.11	12.81±0.56	79.0±0.24	2.42±0.04
	آسیا Asia	4.21±0.09	13.52±0.09	15.40±0.78	83.6±0.39	2.04±0.06
	دنا Dena	3.80±0.08	14.39±0.18	15.70±0.65	83.3±0.49	2.28±0.07
	اورسلینا Urselina	3.13±0.14	15.87±0.22	16.79±0.48	87.0±0.37	1.77±0.05
LSD 5%		0.303	0.455	1.69	1.15	0.154
اسدآباد Asadabad	سینا Sina	2.44±0.10	11.18±0.22	12.11±0.36	79.4±0.44	2.29±0.03
	نیکا Nika	5.55±0.28	12.58±19	13.95±0.78	85.0±0.32	1.61±0.02
	شکوفا Shokofa	2.98±0.23	10.39±0.19	11.83±0.62	78.6±0.58	2.22±0.06
	آسیا Asia	3.24±0.07	10.74±0.26	10.67±0.52	80.5±0.53	2.00±0.05
	دنا Dena	3.04±0.18	10.40±0.17	11.72±0.49	75.2±0.74	2.83±0.09
	اورسلینا Urselina	2.31±0.05	16.17±0.03	17.51±0.51	88.4±0.12	1.52±0.02
LSD 5%		0.476	0.557	1.75	1.41	0.153

مقایسه میانگین به‌روش برش‌دهی اثر متقابل انجام شده و در هر محیط ارقام جداگانه مقایسه شده‌اند.

Mean comparison was performed by slicing interaction and cultivars was separately compared in each environment.

Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

از لحاظ مقدار ناخالصی‌ها، کمترین مقدار سدیم و پتاسیم به‌ترتیب با ۱/۶۰ و ۳/۹۸ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر در رقم خارجی اورسلینا مشاهده شد، درصورتی‌که بیشترین مقدار سدیم با ۴/۰۹ میلی اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر مربوط به رقم نیکا و بیشترین پتاسیم به‌مقدار ۵/۰۶ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر مربوط به رقم دنا بود. بیشترین میزان نیتروژن مضره (۲/۲۳ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر) به رقم سینا و کمترین میزان آن به رقم آسیا (۱/۵۳ میلی‌اکی-والان در ۱۰۰ گرم خمیر) اختصاص داشت. همچنین براساس نتایج، رقم خارجی اورسلینا کمترین درصد آلکالیته و ملاس (به‌ترتیب با ۳/۱۳ و ۱/۷۷ درصد) و رقم نیکا بیشترین مقادیر این صفات (به‌ترتیب با ۴/۵۵ و ۲/۸۲ درصد) را نشان دادند (جدول ۴).

محیط اسدآباد

در محیط اسدآباد نیز اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری بین ارقام مختلف مشاهده نشد، ولی بااین‌وجود بالاترین عملکرد ریشه مربوط به ارقام شکوفا با ۱۱۳/۸ تن در هکتار و دنا با ۱۱۲/۶ تن در هکتار و کمترین عملکرد ریشه در رقم آسیا با ۹۹/۷ تن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). مقایسه میانگین تیمارها در محیط اسدآباد نشان داد که در بین ارقام مورد بررسی، رقم خارجی اورسلینا در صفات درصد قند (۱۸/۲۹ درصد)، عملکرد قند (۱۹/۸۰ تن در هکتار)، درصد قند سفید

(۱۶/۱۷ درصد)، عملکرد قند سفید (۱۷/۵۱ تن در هکتار) و ضریب استحصال قند (۸۸/۴ درصد) از بالاترین مقدار برخوردار بود.

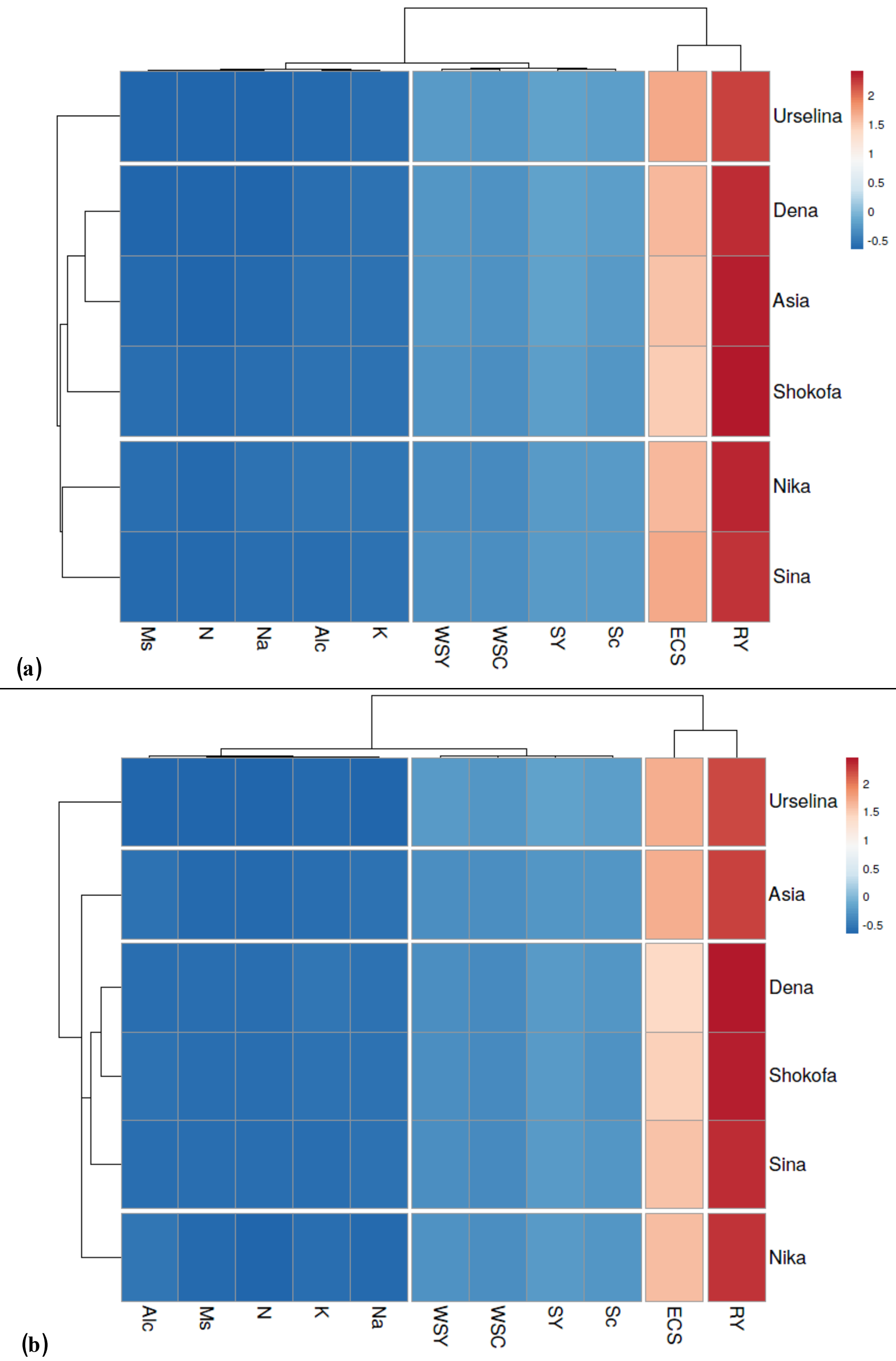
در بین ارقام داخلی نیز بالاترین مقادیر صفات مذکور به رقم نیکا اختصاص داشت. از لحاظ میزان ناخالصی‌های ریشه، کمترین مقدار سدیم با ۱/۷۸ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر در رقم اورسلینا و بالاترین مقدار در رقم دنا به‌میزان ۳/۶۹ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر مشاهده شد. رقم نیکا به‌ترتیب با ۲/۹۴ و ۰/۹۷ میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم خمیر، کمترین میزان پتاسیم و نیتروژن مضره را در بین ارقام مورد مطالعه به خود اختصاص داد. همچنین در این مطالعه، کمترین درصد آلکالیته و ملاس به‌ترتیب با ۲/۳۱ و ۱/۵۲ درصد در رقم اورسلینا مشاهده شد، درحالی‌که بیشترین درصد آلکالیته با ۵/۵۵ درصد در رقم نیکا و بیشترین درصد ملاس با ۲/۸۳ درصد در رقم دنا به دست آمد (جدول ۴).

تجزیه خوشه‌ای

در شکل ۱، دندوگرام نقشه حرارتی تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری چغندرقند و همچنین صفات کمّی و کیفی مورد مطالعه در دو محیط نهاوند و اسدآباد نشان داده شده است. براساس نتایج تجزیه واریانس برش دندوگرام از فاصله شش در هر دو محیط، بالاترین مقدار F و بنابراین بیشترین نسبت واریانس بین گروه‌ها به درون گروه‌ها را فراهم نمود. بر این اساس، ارقام مورد بررسی در مکان نهاوند به سه گروه مجزا تقسیم شدند (شکل ۱-a، جدول ۵). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین گروه‌ها از لحاظ صفات عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد قند، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید، ضریب استحصال قند و درصد قند ملاس در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵). در خوشه اول، تنها رقم خارجی اورسلینا قرار داشت که این خوشه از درصد قند و عملکرد قند، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید و ضریب استحصال قند بیشتری نسبت به دو خوشه دیگر و همچنین میانگین کل خوشه‌ها برخوردار بود (جدول ۵).

خوشه دوم شامل سه رقم دنا، آسیا و شکوفا بود (شکل ۱-a). ارقام دسته‌بندی‌شده در این خوشه دارای عملکرد ریشه، درصد قند و عملکرد قند، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید، ضریب استحصال قند و درصد قند ملاس بالاتری نسبت به میانگین کل خوشه‌ها و خوشه سوم بود (جدول ۵). در نهایت، در خوشه سوم دو رقم نیکا و سینا دسته‌بندی شدند که در مقایسه با میانگین کل خوشه‌ها و همچنین دو خوشه دیگر از مقادیر پایین‌تری از لحاظ صفات مورد مطالعه، به‌غیر از صفت درصد ملاس برخوردار بودند (جدول ۵). بنابراین براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای در محیط نهاوند، خوشه اول که شامل رقم اورسلینا بود به‌عنوان بهترین خوشه براساس صفات مورد مطالعه انتخاب شد. صادق زاده حمایتی و همکاران (Sadeghzadeh Hemayati et al., 2024) در بررسی ارقام مختلف چغندرقند در لرستان، ۱۲ رقم چغندرقند را براساس خصوصیات کمّی و کیفی با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به پنج دسته گروه‌بندی کردند. در تحقیقی دیگر براساس نتایج تجزیه خوشه‌ای، ۴۴ هیبرید چغندرقند به همراه سه شاهد از ارقام تجاری به چهار گروه دسته‌بندی شدند و خوشه چهارم که شامل هفت هیبرید (هیبریدهای شماره ۲۰، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۳۱، ۳۷ و ۴۳) و دو شاهد خارجی ساکارا و بی-تی-اس ۲۱۳ بودند به‌عنوان بهترین خوشه از لحاظ صفات کمّی و کیفی معرفی شدند (Hassani et al., 2021).

تجزیه خوشه‌ای شش رقم تجاری چغندرقند براساس صفات کمّی و کیفی در مکان اسدآباد نیز نشان داد که ارقام به چهار گروه طبقه-بندی شدند (شکل ۱-b). تجزیه واریانس از لحاظ صفات مورد بررسی نشان داد که بین گروه‌ها از نظر صفات عملکرد قند و عملکرد قند سفید در سطح احتمال یک درصد و در صفات درصد قند، میزان سدیم، نسبت آلکالیته و درصد قند سفید در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در گروه اول تنها رقم اورسلینا قرار داشت که از درصد قند، عملکرد قند، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید بالاتر و آلکالیته و میزان سدیم کمتری نسبت به بقیه گروه‌ها و همچنین میانگین کل گروه‌ها برخوردار بود (جدول ۶). گروه دوم شامل رقم آسیا و گروه سوم نیز شامل سه رقم دنا، شکوفا و سینا بودند که ارقام قرارگرفته در این دو گروه درصد قند، عملکرد قند، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید کمتری در مقایسه با میانگین کل خوشه‌ها داشتند. در نهایت در گروه چهارم فقط رقم نیکا قرار گرفت که رقم مذکور از نظر صفات درصد قند، عملکرد قند، آلکالیته، درصد قند سفید و عملکرد قند سفید از مقادیر بیشتر و از لحاظ محتوای سدیم از مقدار پایین‌تری درمقایسه با میانگین گروه‌ها برخوردار بود (جدول ۶). به‌طور کلی با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای، در محیط اسدآباد خوشه اول که رقم اورسلینا و خوشه چهارم که رقم نیکا را شامل می‌شدند به‌عنوان خوشه‌های برتر از لحاظ صفات کمّی و کیفی انتخاب شدند.



شکل ۱- دندوگرام نقشه حرارتی حاصل از تجزیه خوشه‌ای ارقام تجاری و صفات کمّی و کیفی چغندرقند در نهاوند (a) و اسدآباد (b)

Fig. 1- Heat map dendrogram of cluster analysis for sugar beet cultivars and quantitative and qualitative characteristics in Nahavand (a) and Asadabad (b)

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسه میانگین خوشه‌ها ازلحاظ صفات موردبررسی در نهاوند

Table 5- Variance analysis (mean of squares) and mean comparison clusters in terms of studied traits in Nahavand

	درجه آزادی df	عملکرد ریشه RY	درصد قند SC	عملکرد قند SY	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن N	آلکالیته Alc	درصد قند سفید WSC	عملکرد قند سفید WSY	ضریب استحصال قند ECS	قند ملاس Ms
بین گروه‌ها Inter groups	2	103*	33.1*	11.85*	1.89ns	0.13ns	0.05ns	0.31ns	18.97*	24.32*	67.98*	0.32*
درون گروه‌ها Intra groups	3	5.61	1.67	1.22	0.299	0.12	0.05	0.20	1.93	1.88	6.23	0.03
گروه ۱ Cluster 1	-	106 b	18.24a	19.29a	1.60a	3.98a	1.79a	3.13a	15.87a	16.79a	86.9a	1.77c
گروه ۲ Cluster 2	-	112 a	15.93b	17.82a	2.40a	4.57a	1.78a	3.93a	13.09ab	14.64a	81.9ab	2.45b
گروه ۳ Cluster 3	-	98.9 c	14.28b	14.12b	3.77a	4.49a	2.06a	4.06a	10.96b	10.83b	76.7b	2.72a
میانگین Mean	-	106.6	15.77	16.83	2.72	4.44	1.88	3.84	12.84	13.73	81.05	2.33

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at the 1% and 5% probability level, respectively.

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) و مقایسه میانگین خوشه‌ها ازلحاظ صفات مورد بررسی در اسدآباد

Table 6- Variance analysis (mean of squares) and mean comparison clusters in terms of studied traits in Asadabad

	درجه آزادی df	عملکرد ریشه RY	درصد قند SC	عملکرد قند SY	سدیم Na	پتاسیم K	نیتروژن N	آلکالیته Alc	درصد قند سفید WSC	عملکرد قند سفید WSY	ضریب استحصال قند ECS	قند ملاس Ms
بین گروه‌ها Inter groups	3	37ns	5.89*	7.85**	0.96*	0.30ns	0.71ns	2.24*	8.22*	10.1**	34.4ns	0.31ns
درون گروه‌ها Intra groups	2	7.88	0.193	0.071	0.011	0.682	0.084	0.109	0.205	0.043	5.05	0.111
گروه ۱ Cluster 1	-	108a	18.29a	19.80a	1.78c	2.97a	2.07a	2.31b	16.17a	17.51a	88.4a	1.52a
گروه ۲ Cluster 2	-	99.7a	13.34b	13.26d	3.22a	3.00a	1.92a	3.24b	10.74c	10.67d	80.5a	2.00a
گروه ۳ Cluster 3	-	111a	13.70b	15.29c	3.57a	3.75a	2.62a	2.82b	10.66c	11.89c	77.8a	2.45a
گروه ۴ Cluster 4		110a	14.79b	16.40b	2.39b	2.97a	0.97a	5.55a	12.58b	13.95b	85.0a	1.61a
میانگین Mean	-	108.9	14.59	15.88	3.02	3.36	2.14	3.26	11.91	12.96	81.2	2.08

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: non-significant, significant at the 1% and 5% probability level, respectively.

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

در مطالعه‌ای، ۴۷ لاین چغندرقند به همراه سه شاهد با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به سه دسته طبقه‌بندی شده و خوشه اول بـا داشـتن صفات بالاتر نسبت به میانگین کل خوشه‌ها و سایر خوشه‌ها به‌عنوان بهترین خوشه از لحـاظ صـفات مقاومـت بـه بیماری معرفـی شـدند (Mansouri et al., 2024a). فتوحی و همکـاران (Fotouhi et al., 2017) نیز ۳۷ ژنوتیپ چغندرقند را با استفاده از روش تجزیه خوشه به سه دسته تقسیم کردند و بیان داشتند که ژنوتیـپ HSF-883 در هـر دو محیط نرمال و تنش آبی دارای بالاترین خصوصیات کمّی و کیفی بود.

تجزیه به عامل‌ها و بای پلات

در تجزیه به عامل‌ها با اسـتفاده از روش تجزیـه بـه مؤلفـه‌هـای اصلی در هر دو محیط نهاونـد و اسـدآباد، دو عامـل بـا مقـادیر ویـژه بزرگ‌تر از یک انتخاب شدند.

جدول ۷- نتایج تجزیه عاملی براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (ضرایب، مقدار ریشه مشخصه و واریانس) در محیط نهاوند

Table 7- Factor analysis based on principal component analysis (coefficients, Eigenvalue and variance) in Nahavand environment

	مؤلفه ۱ PC1	مؤلفه ۲ PC2
عملکرد ریشه RY	0.273	-0.783
درصد قند SC	0.203	0.940
عملکرد قند SY	0.123	-0.982
سدیم Na	-0.994	0.008
پتاسیم K	-0.939	-0.256
نیتروژن N	-0.605	0.217
آلکالیته Alc	-0.669	-0.474
درصد قند سفید WSC	0.967	0.177
عملکرد قند سفید WSY	0.983	-0.058
ضریب استحصال قند ECS	0.991	0.089
قند ملاس Ms	-0.944	0.145
ضریب مشخصه Eigenvalue	4.748	1.694
واریانس Variance (%)	70.44	25.13
واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	70.44	95.57

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

در نهاوند عامل اول ۷۰/۴۴ درصد و عامل دوم ۲۵/۱۳ درصد و در مجموع ۹۵/۵۷ درصد از کل تغییرات داده‌ها و در اسدآباد عامل اول و دوم به‌ترتیب با ۶۱/۶ و ۳۴/۳۴ درصد و در مجموع ۹۵/۹۴ درصد از کل تغییرات را تبیین نمودند (جدول های ۷ و ۸). تخصیص صفات مورد مطالعه به عامل‌های مختلف براساس مقادیر ضرایب عاملی بعد از انجام چرخش واریماکس عامل‌ها صورت گرفت. به این ترتیب که ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ بدون توجه به علامت مربوطه به‌عنوان ضرایب عاملی معنی‌دار در نظر گرفته شدند.

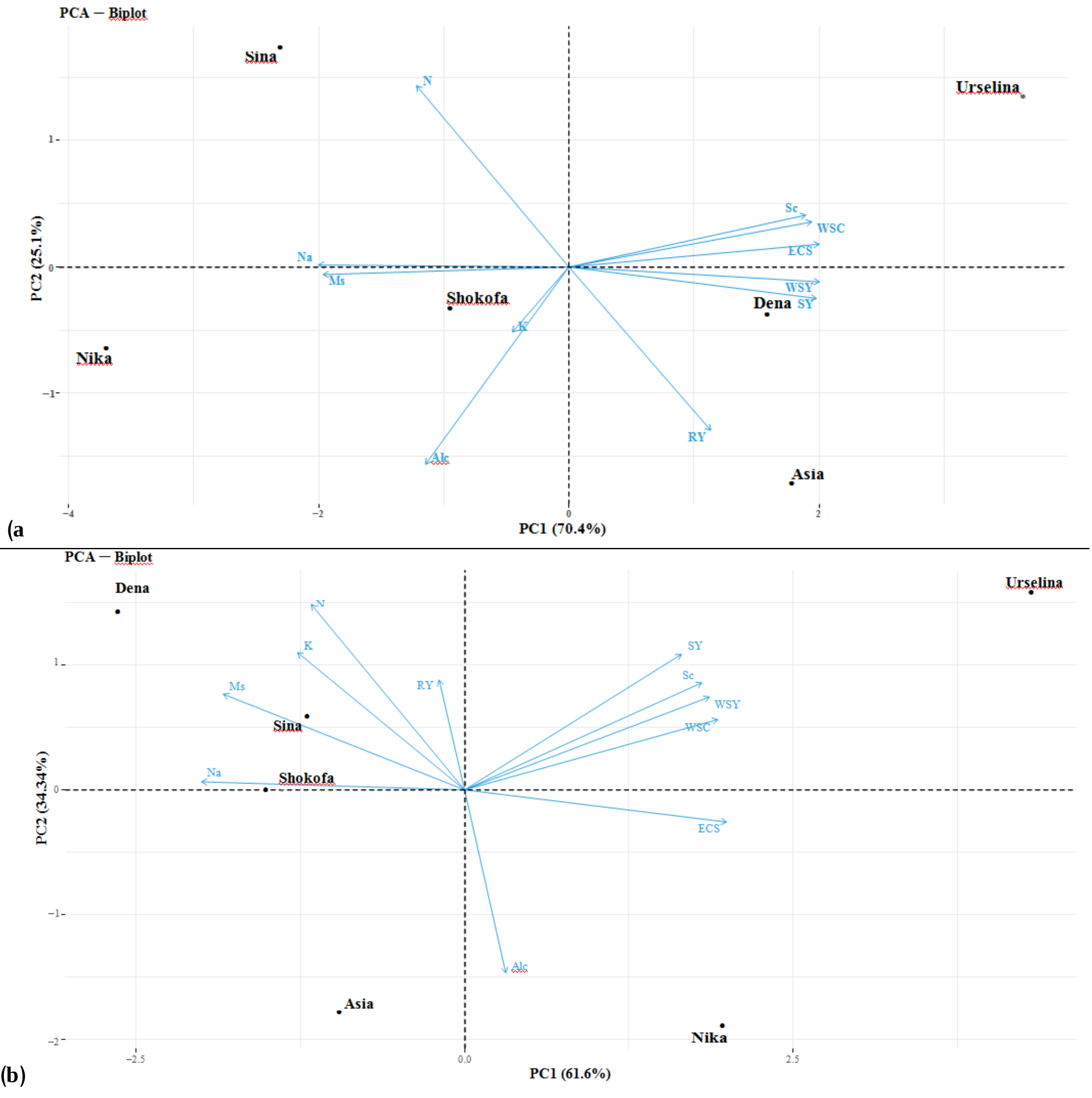
تجزیه عاملی براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در محیط نهاوند نشان داد که عامل اول با ضریب مشخصه ۴/۷۴۸، بیشترین مقدار از تغییرات داده‌ها را تبیین کرده (۷۰/۴۴ درصد) و دارای ضرایب معنی‌دار و مثبت برای صفات درصد قند سفید، عملکرد قند سفید و ضریب استحصال قند و ضریب منفی و معنی‌دار با صفات سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، نسبت آلکالیته و درصد ملاس بود. عامل دوم نیز با تبیین ۲۵/۱۳ درصدی تغییرات و ریشه مشخصه ۱/۶۹۴، دارای ضریب منفی و معنی‌دار با صفات عملکرد ریشه و عملکرد قند و ضرییب مثبت و معنی‌دار با صفت درصد قند بود (جدول ۷). آنالیز بای پلات در محیط نهاوند نشان داد که صفات درصد قند، درصد قند سفید، عملکرد قند، عملکرد قند سفید و ضریب استحصال قند با بردارهای با جهت موافق و با زاویه کم نسبت به همدیگر قرار گرفته و بیانگر ارتباط و همبستگی مثبت بین صفات مذکور است؛ همچنین صفات میزان سدیم، پتاسیم، نیتروژن مضره، نسبت آلکالیته و درصد ملاس توسط بردار با جهت مخالف با بردارهای مذکور قرار گرفته که نشان‌دهنده وجود ارتباط منفی بین ناخالصی‌های ریشه با صفات عملکردی قند است (شکل ۲-a).

در نهاوند ارتباط نزدیک بین بردارهای درصد قند، درصد قند سفید، ضریب استحصال قند و همچنین عملکرد قند و عملکرد قند سفید با رقم خارجی اورسلینا مشاهده شد. رقم مذکور در جهت خلاف بردارهای مربوط به ناخالصی‌های ریشه قرار گرفت که نشان‌دهنده مقدار کم این ناخالصی‌ها در ریشه برای این رقم بود. همچنین رقم اورسلینا با توجه به ناحیه قرارگیری آن نسبت به دو مؤلفه اول دارای همبستگی مثبت درونی با هر دو عامل بوده و به‌عنوان بهترین رقم در آنالیز بای پلات در نهاوند مشخص شد. رقم دنا نیز در این راستا و با فاصله کمتری با رقم اورسلینا قرار گرفته و از ضریب همبستگی مثبت با عامل اول و همبستگی منفی با عامل دوم برخوردار بود و بنابراین می‌توان رقم دنا را به‌عنوان رقم برتر در مقایسه با سایر ارقام ایرانی در نهاوند معرفی نمود. رقم نیکا نیز به‌واسطه داشتن ضریب همبستگی منفی با هر دو عامل و قرار گرفتن در خلاف جهت و دورترین فاصله از بردارهای درصد قند، درصد قند سفید، عملکرد قند، عملکرد قند سفید و ضریب استحصال قند، به‌عنوان بدترین رقم در بین سایر ارقام ایرانی براساس آنالیز بای پلات در نهاوند شناسایی شد (شکل ۲-a).

در اسدآباد عامل اول با ضریب مشخصه ۲/۴۷۴ و ضریب تبیین ۶۱/۶ درصد از تغییرات داده‌ها از ضرایب معنی‌دار و منفی با صفات میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره و درصد ملاس و ضرایب مثبت و معنی‌دار با صفات درصد قند، درصد قند سفید، عملکرد قند، عملکرد قند سفید و ضریب استحصال قند برخوردار بود. عامل دوم نیز با درصد تبیین ۳۴/۳۴ از تغییرات و با ضریب مشخصه ۱/۳۷۹، دارای ضریب مثبت و معنی‌دار با صفت عملکرد ریشه و ضریب منفی و معنی‌دار با نسبت آلکالیته بود (جدول ۸).

در محیط اسدآباد نیز همانند محیط نهاوند آنالیز بای پلات نشان داد که رابطه نزدیکی بین رقم خارجی اورسلینا و بردارهای درصد قند، درصد قند سفید، عملکرد قند و عملکرد قند سفید وجود داشته و رقم مذکور با زاویه زیادی نسبت به صفات مربوط به وجود ناخالصی‌های ریشه شامل سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره و همچنین درصد ملاس قرار داشته و در این محیط نیز رقم اورسلینا از صفات مطلوب مرتبط با هر دو عامل برخوردار بوده و به‌عنوان بهترین رقم انتخاب شد. در بین ارقام داخلی نیز رقم نیکا به‌دلیل داشتن همبستگی درونی مثبت با عامل اول از خصوصیات مطلوب‌تری نسبت به سایر ارقام داخلی در محیط اسدآباد برخوردار بود. رقم دنا و سینا نیز به‌دلیل دارا بودن همبستگی منفی با عامل اول و همبستگی مثبت با عامل دوم به‌عنوان ارقام با صفات نامطلوب مرتبط با عامل‌ها در مقایسه با سایر ارقام داخلی براساس آنالیز بای پلات در اسدآباد شناسایی شدند (شکل ۲-b). منصوری و همکاران (Mansouri et al., 2024b) در ارزیابی لاین‌های چغندرقند براساس نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان دادند که دو مؤلفه اصلی اول به‌ترتیب با ۷۲/۰۵ درصد و ۲۶/۰۵ درصد و در مجموع ۹۸/۱۰ درصد ازتغییرات داده‌ها را تبیین نمودند. همچنین این محققان براساس آنالیز بای پلات گزارش کردند که ارقام شاهد نوودورو و FC-709-2 به همراه لاین‌های S1-140279،

S1-140279، S1-140279، S1-140279، S1-140279 و S1-140279 دارای همبستگی مثبت با عامل اول بوده و به‌عنوان لایـن-های برتر شناسایی شدند.



شکل ۲- نمودار بای پلات وضعیت قرار گرفتن ارقام چغندرقند نسبت به مؤلفه‌های اول و دوم در نهاوند (a) و اسدآباد (b)

Fig. 2- Scatter biplot diagram of sugar beet cultivars based on the first and second components in Nahavand (a) and Asadabad (b)

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

جدول ۸- نتایج تجزیه عاملی براساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (ضرایب، مقدار ریشه مشخصه و واریانس) در محیط اسدآباد

Table 8- Factor analysis based on principal component analysis (coefficients, Eigenvalue and variance) in Asadabad environment

	مؤلفه ۱ PC1	مؤلفه ۲ PC2
عملکرد ریشه RY	-0.095	0.814
درصد قند SC	0.894	0.424
عملکرد قند SY	0.817	0.538
سدیم Na	-0.991	0.032
پتاسیم K	-0.629	0.544
نیتروژن N	-0.578	0.335
آلکالیته Alc	0.155	-0.726
درصد قند سفید WSC	0.954	0.278
عملکرد قند سفید WSY	0.922	0.368
ضریب استحصال قند ECS	0.987	-0.127
قند ملاس Ms	-0.909	0.379
ضریب مشخصه Eigenvalue	2.474	1.379
واریانس Variance (%)	61.60	34.34
واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	61.60	95.94

RY: عملکرد ریشه؛ SC: درصد قند؛ SY : عملکرد قند؛ Na : سدیم؛ K : پتاسیم؛ N: نیتروژن؛ Alc : آلکالیته؛ WSC : درصد قند سفید؛ WSY : عملکرد قند سفید؛ ECS : ضریب استحصال قند؛ Ms : قند ملاس.

RY: root yield; SC: sugar content; SY: sugar yield; Na: Sodium; K: Potassium; N: Nitrogen; Alc: Alkalinity; WSC: white sugar content; WSY: white sugar yield; ECS: extraction coefficient of sugar; Ms: molasses sugar

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد که اثر متقابل رقم در مکـان در اکثر صفات مورد مطالعه چغندرقند معنی‌دار بوده و بنابراین واکـنش ارقام در دو محیط نهاوند و اسدآباد مستقل بود. نتایج حاکی از این بود که در بین ارقام تجاری کشت‌شـده، رقـم خـارجی اورسـلینا بـالاترین صفات کیفی و عملکرد قند در هر دو مکان نهاوند و اسدآباد را به خود اختصاص داد. در مقایسه بین ارقـام ایرانـی نیـز ارقـام دنـا و سـینا در محیط نهاوند و رقم نیکـا در محـیط اسـدآباد عملکـرد قنـد بـالاتری داشتند. ارقام چغندرقند براساس صفات مورد مطالعه در نهاوند به سـه خوشه و در اسدآباد به چهار خوشه با استفاده از تجزیه خوشه‌ای دسته‌بندی شدند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در محیط نهاوند خوشه اول شامل رقم اورسلینا و خوشه دوم شامل ارقـام دنـا، آسـیا و شکوفا و در محیط اسدآباد خوشه اول و چهارم به‌ترتیب شـامل ارقـام اورسلینا و نیکا از لحاظ خصوصیات کمّی و کیفی به‌عنوان خوشه‌هـای برتر انتخاب شدند. براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها در هر دو مکـان، دو عامل اصلی برای محیط‌های نهاوند و اسدآباد بـه‌ترتیب بـا درصـد تبیین ۹۵/۵۷ درصد و ۹۵/۹۴ درصد از تغییرات داده‌ها انتخاب شـدند. تجزیه بای پلات براساس دو عامل اصلی انتخاب‌شـده نشـان داد کـه رقم اورسلینا به همراه ارقام دنا و آسیا در منطقه نهاوند و رقم اورسلینا

و نیکا در منطقه اسدآباد در موقعیت مناسبی از نمودار بای پلات از نظر خصوصیات کمّی و کیفی قرار گرفتند. با توجه به نتایج، رقم خارجی اورسلینا در هر دو مکان نهاوند و اسدآباد به‌عنوان رقم برتر در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی در این مطالعه انتخاب شد. در بین ارقام داخلی نیز ارقام دنا و آسیا برای محیط نهاوند و رقم نیکا برای مکان اسدآباد به‌عنوان ارقام با خصوصیات کمّی و کیفی بهتر معرفی شدند.

References

1. Akyüz, A., & Ersus, S. (2021). Optimization of enzyme-assisted protein extraction from the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves for alternative plant protein concentrate production. *Food Chemistry*, *335*, 127673. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127673
2. Farshadafar, E. (2005). Principles and Multivariate Statistical Methods (2th ed.). Publications Taq Bostan. Kermanshah, Iran. pp. 734. (In Persian).
3. Fotouhi, K., Majidi, E., Rajabi, A., & Azizinejad, R. (2017). Study of genetic variation for drought tolerance in sugar beet half-sib families. *Journal of Sugar Beet*, *33*(1), 1-16. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jsb.2017.107740.1130
4. Hassani, M., Hamze, H., Mansori, H., Fathullah Taleghani, D., Jalilian, A., & Soltani Idliki, J. (2021). Evaluation of genetic parameters, relationships between traits and grouping of new sugar beet hybrids in terms of quantitative and qualitative traits under *Rhizomonia* contamination condition. *Journal of Crop Breeding*, *13(38)*, 149-159. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.52547/jcb.13.38.149
5. Hassani, M., Hamze, H., & Mansouri, M. (2022). Compatibility and stability of new rhizomania resistant multigerm hybrids in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *33*(1), 113-128. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/saps.2022.49322.2787
6. Hu, X.H., Wu, Y.M., & Wang, X.W. (2016). Principal component analysis and comprehensive evaluation of amino acid in different varieties of sugar beet. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, *32*(27), 69-75.
7. Hu, X.H., Jian-Zhou, C., & Hong-Yang, Z. (2019). Comprehensive evaluation of different sugar beet varieties by using principal component and cluster analyses. In *Journal of Physics: Conference Series*, *1176*(4), 042021. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1176/4/042021
8. Jia, X.F., Zhu, S.M., Wang, Q., Long, W., & Zhang, X.L. (2015). Principal component analysis and cluster analysis of the elements in sugar beet roots of different geographical origins in Xinjiang. *Modern Food Science and Technology*, *7*, 302-308. https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.7.047
9. Kuska, M.T., Von Tiedemann, S., & Mahlein, A. (2020). How table sugar is produced from sugar beets. *Frontiers for Young Minds*, *8*, 108. https://doi.org/10.3389/frym.2020.00108
10. Leonard, S.T., & Droege, M. (2008). The uses and benefits of cluster analysis in pharmacy research. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, *4*(1), 1-11. https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2007.02.001
11. Mansouri, H., Hamze, H., & Hassani, M. (2024a). Identification of resistant pollinator lines to soil-borne Rhizoctonia solani JG Kühn, 1858 in sugar beet using SIIG technique. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, *89*(3), 199-208.
12. Mansouri, H., Hamze, H., Hassani, M., & Aliverdi, A. (2024b). Resistance evaluation and identification of new sugar beet pollinator lines resistant to *Rhizoctonia* root and crown rot. *Journal of Sugar Beet*, *40*(1), 31-46. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/JSB.2024.366460.1364
13. Monteiro, F., Frese L., Castro, S., Duarte, M.C., Paulo, O.S., Loureiro, J., & Romeiras, M.M. (2018). Genetic and genomic tools to assist sugar beet improvement: The value of the crop wild relatives. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 74-85. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00074
14. Mostafavi, K., Orazizadeh, M.R., & Rajabi, A. (2017). Genotype - environment interaction pattern analysis for sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars yield using AMMI multivariate method. *Journal of Sugar Beet*, *33*(2), 135-147. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/jsb.2018.107335.1126
15. Ribeiro, I.C., Pinheiro, C., Ribeiro, C.M., Veloso, M.M., Simoes-Costa, M.C., Evaristo, I., & Ricardo, C.P. (2016). Genetic diversity and physiological performance of Portuguese wild beet (*Beta vulgaris* spp. maritima) from three contrasting habitats. *Frontiers in Plant Science*, *7*(1), 1293. https://doi.10.3389/fpls.2016.01293

16. Sadeghzadeh Hemayati, S., Hassani, M., Jalilian, A.L.I., Mirzai, M.R., Hamze, H., & Mansouri, H. (2024). Evaluation and comparison of quantitative and qualitative characteristics of commercial sugar beet cultivars in the western region of the country (Kermanshah and Lorestan). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *34*(1), 113-128. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22034/saps.2023.53293.2920
17. Sarica, D. (2024). Forecasting sugar beet production in turkey using the Box-Jenkins Method. *Journal of Agricultural Science and Technology*, *26*(1), 1-11. https://doi.org/10.22034/JAST.26.1.1
18. SBSI (Sugar Beet Seed Institute). (2023). Annual Research Report. Sugar Beet Seed Institute Press. Karaj, Iran. pp. 157. (In Persian).
19. Taleghani, D., Rajabi, A., Saremirad, A., & Fasahat, P. (2023). Stability analysis and selection of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes using AMMI, BLUP, GGE biplot and MTSI. *Scientific Reports*, *13*(1), 10019. https://doi.org/10.1038/s41598-023-37217-7